

VYHODNOCENÍ VYBRANÝCH PARAMETRŮ ODLÉVANÉ INTERMETALICKÉ SLOUČENINY Ni_3Al V ZÁVISLOSTI NA POSTUPU PŘÍPRAVY

EVALUATION OF SELECTED PARAMETERS OF CAST INTER-METALLIC ALLOY Ni_3Al IN DEPENDENCE ON PROCEDURE OF ITS PREPARATION

J. MALCHARCZIKOVÁ¹, A. HANUS², P. KOZELSKÝ³, M. KURSA⁴

ABSTRACT: The paper compares casting of foundry alloys of inter-metallic compound Ni_3Al by method of vacuum induction casting with and without use of heated ingot-mould. Method of preparation of this type of alloy with characteristic properties is complicated due to very different thaw points of pure elements nickel and aluminium used for their production. These castings were prepared in a vacuum induction furnace LEYBOLD type IS3/1. The castings had a form of cylinders (fingers) with length 94 and 100 mm and diameter of 10 mm. The castings are after casting without use of heated ingot-mould straight, no cracks are visible on them. However, poor running in of the melt into the ingot-mould was observed and the fingers were often cast as short-run. Contrary to that at casting into the heated ingot-mould the fingers in some cases were bent and very distinct cracking in transverse direction was also observed. This was evident particularly in the alloys with lower aluminium content, when two phases appear in the structure, which influences the solidification process. Fluidity was in this case, and also with regard to the shape of the samples, very good. Casting defects are noticeable in flaw detection pictures, their number is larger in the case of heated ingot-mould.

ABSTRAKT: V tomto příspěvku je provedeno srovnání odlévání předslitin intermetalické sloučeniny Ni_3Al metodou vakuového indukčního lítí a to bez a s použitím vyhřívané kokily. Metoda přípravy slitin s charakteristickými vlastnostmi je složitá s ohledem na velmi rozdílné teploty tání čistých prvků niklu a hliníku používaných pro jejich výrobu. Odlitky byly připraveny ve vakuové indukční peci LEYBOLD typu IS3/1. Odlitky měly tvar válečků (prstů) o délce 94 a 100 mm a průměru 10 mm. Po odlití bez použití vyhřívané kokily jsou odlitky rovné, nejsou na nich patrné praskliny. Docházelo však ke špatnému zaběhnutí taveniny do kokily a prsty byly často nedolitě. Naopak při odlití do vyhřívané kokily v některých případech došlo k ohnutí prstů i k velmi zřetelnému praskání v příčném směru, což bylo patrné zejména u slitin s nižším obsahem Al, kdy se ve struktuře objevují dvě fáze, což ovlivňuje proces tuhnutí. Zabíhavost byla v tomto případě i s ohledem na tvar vzorků velmi dobrá. Na defektoskopických snímcích jsou patrné licí vady, v případě vyhřívané kokily je jejich množství větší.

KEY WORDS: Ni-Al based inter-metallic alloy, vacuum induction casting, heated ingot-mould, casting, dendritic structure

KLÍČOVÁ SLOVA: intermetalická slitina na bázi Ni-Al, vakuové indukční lítí, vyhřívaná kokila, odlitek, dendritická struktura

¹ Ing. Jitka Malcharcziková – Katedra neželezných kovů, rafinace a recyklace, FMFI, VŠB-TU Ostrava

² Ing. Aleš Hanus – Katedra slévárenství, FMFI, VŠB-TU Ostrava

³ Ing. Petr Kozelský – Katedra slévárenství, FMFI, VŠB-TU Ostrava

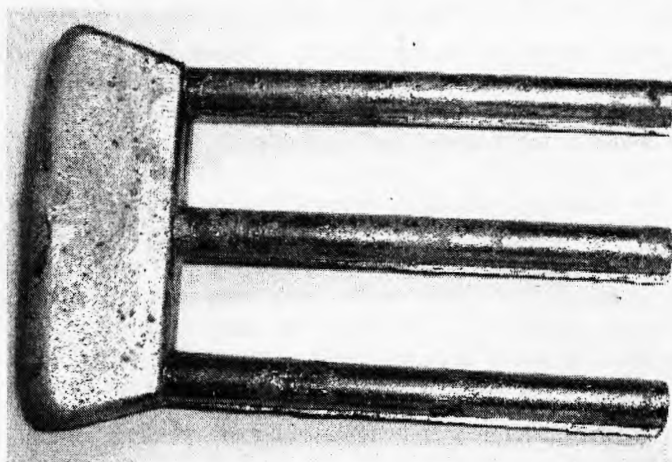
⁴ Prof. Ing. Miroslav Kursá, CSc. – Katedra neželezných kovů, rafinace a recyklace, FMFI, VŠB-TU Ostrava

1 ÚVOD

Intermetalické sloučeniny vytvářejí početnou třídu materiálů, která je velmi zajímavá z fyzikálně-metalurgického hlediska, přičemž rovněž nabývá na významu možnost jejich aplikace v náročných prostředích, zejména v oblasti zvýšených a vysokých teplot při působení oxidační atmosféry [1]. Velký zájem o tyto materiály na bázi Ni-Al je díky unikátní kombinaci jejich vlastností, kterými jsou dobrá oxidační a korozní odolnost při pokojových teplotách a současně jejich relativně nízká hustota [2]. Pozoruhodná je jejich vysoká pevnost v závislosti na teplotě. Z obecného hlediska lze pokládat intermetalické fáze za typ materiálů, které svými vlastnostmi leží mezi kovovými a keramickými materiály. Kromě toho u intermetalik konstituovaných na bázi „lehkých“ prvků lze dosáhnout vyšších specifických pevnostních charakteristik [3]. Nedostatkem intermetalik je nízká úroveň plastických vlastností, jmenovitě za nízké a intermediální teploty. Důvody tohoto snížení jsou obdobné, jako je tomu například u konstrukční keramiky.

2 PŘÍPRAVA SLITIN METODOU VAKUOVÉHO INDUKČNÍHO LITÍ

Odlitky předslitin Ni_3Al ve formě válečků (prstů) pro použití na směrovou krystalizaci a jiná experimentální měření byly připraveny metodou vakuového indukčního lití a to pro slitiny s obsahem hliníku mezi 25,5-22,0 at.% Al. Délka vzorků byla 94 nebo 100 mm a průměr 10 mm. Jako výchozí materiál byl použit elektrolytický nikl z Niklové huti Sereď čistoty M1 min. 4N a hliník ve formě pásů nebo bloků s minimální čistotou 4N. Tyto odlitky byly připraveny na katedře slévárnictví VŠB-TU Ostrava ve vakuové indukční peci LEYBOLD typu IS3/1. Před vlastním tavením bylo provedeno 2x vakuování a to pod hodnotu tlaku 0,04 mbar za použití dvoustupňového čerpání rotační a Rootsovou pumpou. Tavení bylo provedeno v korundovém kelímku a odlití do grafitových kokil. Tavenina byla odlita do dvou kokil, z odlitků pak bylo možno po odřezání nálitku použít 6 tyčí (**Obr. 1**). Při odlévání docházelo ke špatnému zabíhání taveniny do kokily a prsty byly často nedolité.



Obr. 1 Odlitek připravený metodou VIL

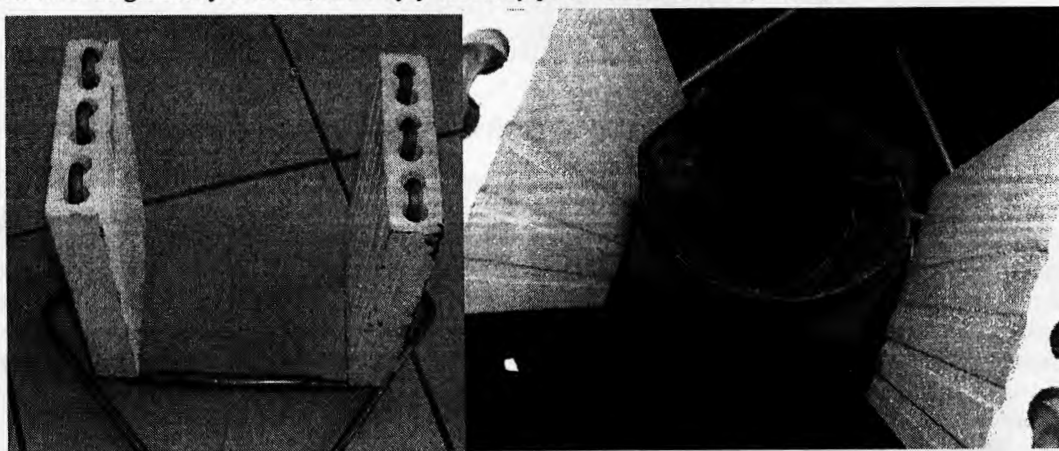
Tyto odlitky jsou rovné, nejsou na nich patrné praskliny při zběžném pohledu. Na defektoskopickém snímku (**Obr. 2**) je však vidět, že prsty obsahují množství dutin hlavně ve středové části, což znemožňuje jejich přímé použití k prověření různých fyzikálních a mechanických vlastností [4]. Defektoskopii byla provedena na pracovišti Vítkovice Testing Center, s.r.o. [5]. Při přípravě materiálu tímto způsobem jsou běžné lící vady odlitků, jako jsou řediny, mikrostaženiny a dutiny [6, 7].



Obr. 2 Snímek z defektoskopie odlitku

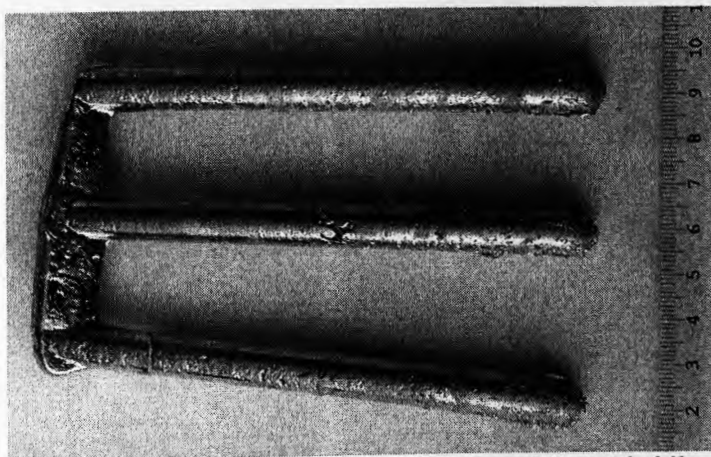
3 PŘÍPRAVA SLITIN METODOU VAKUOVÉHO INDUKČNÍHO LITÍ ZA POUŽITÍ VYHŘÍVANÉ KOKILY

V další fázi experimentu byly slitiny Ni3Al s obdobným chemickým složením, jak bylo uvedeno v kap. 2, připraveny opět metodou vakuového indukčního lití na stejném zařízení, ale tavenina byla odlévána do grafitových kokil, které byly ohřívány přibližně na 300°C (Obr. 3)



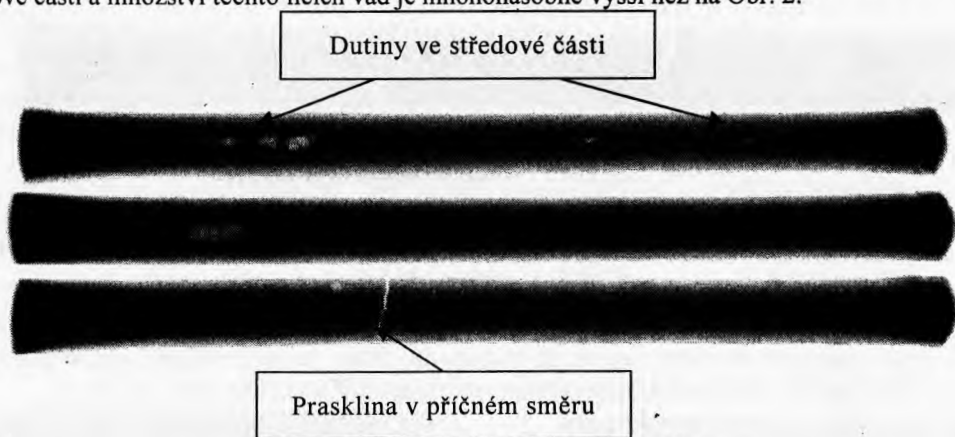
Obr. 3 Vyhřívání kokily

Na Obr. 4 je odlitek slitiny Ni3Al po chladnutí ve vyhřívané kokile. Je zde vidět, že odlitek je na povrchu více zoxidován. V případě odlévání do vyhřívané kokily v některých případech došlo k ohnutí prstů a v některých případech i ke velmi zřetelnému praskání v příčném směru. Toto bylo patrné zejména u slitin s nižším obsahem hliníku, kdy se ve struktuře objevují dvě fáze, což ovlivňuje proces tuhnutí.



Obr. 4 Odlitek připravený metodou VIL, vyhřívána kokila

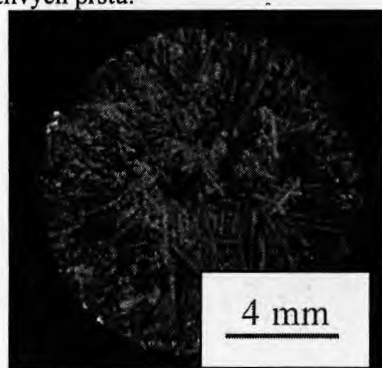
Na defektoskopickém snímku (Obr. 5) je vidět, že prsty obsahují množství dutin hlavně ve středové části a množství těchto licích vad je mnohonásobně vyšší než na Obr. 2.



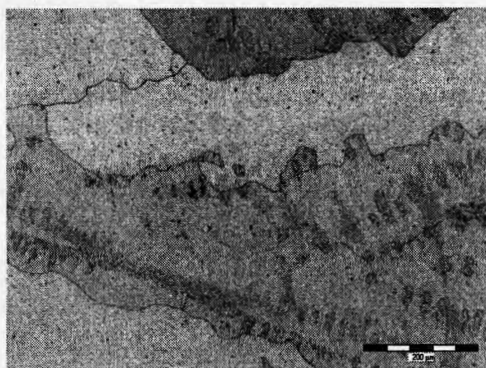
Obr. 5 Snímek z defektoskopie odlitku

4 STRUKTURNÍ CHARAKTERISTIKY LITÝCH SLITIN¹

Strukturní analýza byla provedena v příčných řezech odlitků. Ve všech případech se jedná o dendritickou strukturu a růst zrn je ovlivněn směrem odvodu tepla z materiálu jak je patrné z makrostruktury (Obr. 6, 8, 10 a 12). Mikrostruktura vzorků je na Obr. 7, 9, 11 a 13. V Tab. 1 jsou uvedeny experimentální vzorky s obsahem hliníku 24 a 23 at.%, včetně stanovené pórovitosti a mikrotvrdosti HV 0.05 v příčných řezech uvedených vzorků. Pórovitost byla stanovena u každého vzorku na ploše přibližně 315·103 μm^2 pomocí metody obrazové analýzy. Pórovitost je mírně nižší u vzorků odlévaných do vyhřívané kokily a mikrotvrdost HV0.05 je u těchto vzorků také nižší. Obsah hliníku byl stanoven metodou OES a nebyl zjištěn významný rozdíl hodnot mezi horní a dolní částí jednotlivých prstů.



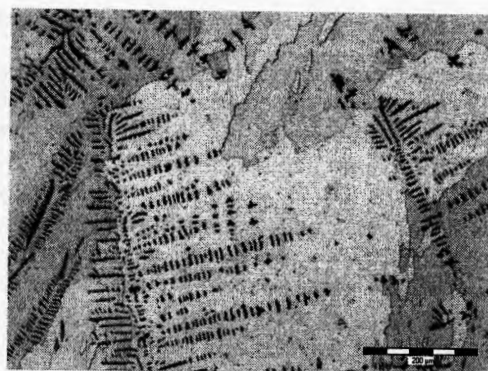
Obr.6 Makrostruktura vzorku 1, Ni23Al



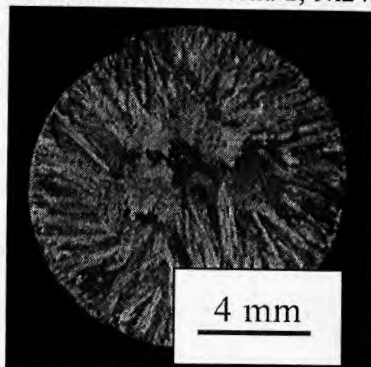
Obr.7 Mikrostruktura vzorku 1, Ni23Al



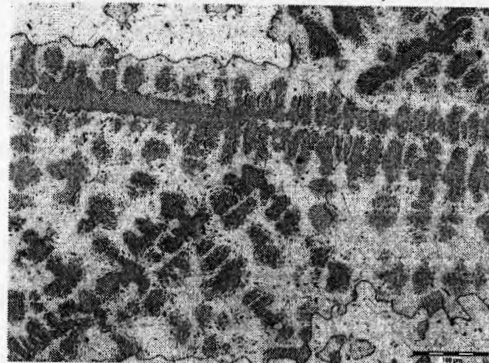
Obr.8 Makrostruktura vzorku 2, Ni24Al



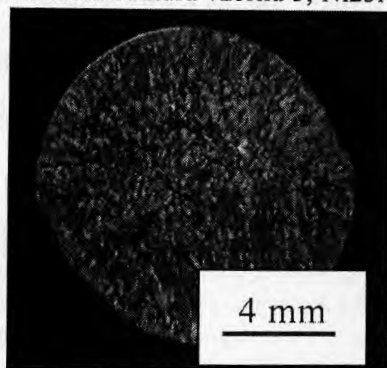
Obr.9 Mikrostruktura vzorku 2, Ni24Al



Obr.10 Makrostruktura vzorku 3, Ni23Al



Obr.11 Mikrostruktura vzorku 3, Ni23Al



Obr.12 Makrostruktura vzorku 4, Ni24Al



Obr.13 Mikrostruktura vzorku 4, Ni24Al

Tab.1 Experimentální vzorky, stanovená pórovitost a mikrotvrdość HV 0.05 v přičných řezech

Vzorek č.	Obsah Al	Metoda přípravy	Pórovitost	Mikrotvrdość
	[at.%]		[%]	HV 0.05
1	23	VIL	0,108	359±15,6
2	24	VIL	0,113	404±26,1
3	23	VIL, vyhříváná kokila	0,071	290±40,2
4	24	VIL, vyhříváná kokila	0,035	281±22,6

5 ZÁVĚR

V tomto příspěvku je provedeno srovnání odlévání předslitin intermetalické sloučeniny Ni_3Al metodou vakuového indukčního lití a to bez a s použitím vyhřívané kokily. Metoda přípravy tohoto druhu slitin s charakteristickými vlastnostmi je složitá s ohledem na velmi rozdílné teploty tání čistých prvků niklu a hliníku používaných pro výrobu slitin. Tyto odlitky byly připraveny ve vakuové indukční peci LEYBOLD typu IS3/1. Odlitky měly tvar válečků (prstů) o délce 94 a 100 mm a průměru 10 mm. Po odlití bez použití vyhřívané kokily odlitky jsou rovné, nejsou na nich patrné praskliny při zbežném pohledu. Při odlévání docházelo ke špatnému zabíhání taveniny do kokily a prsty byly často nedolitě. Naopak při odlití do vyhřívané kokily v některých případech došlo k ohnutí prstů a v některých případech i ke velmi zřetelnému praskání v příčném směru. Toto bylo patrné zejména u slitin s nižším obsahem hliníku, kdy se ve struktuře objevují dvě fáze, což ovlivňuje proces tuhnutí. Zabíhavost byla v tomto případě i s ohledem na tvar vzorků velmi dobrá a nedocházelo zde k nedolití prstů. Na defektoskopických snímcích jsou patrné lící vady, v případě vyhřívané kokily je jejich množství větší.

6 LITERATURA

- [1] KURSA, M. Technologické a fyzikálně metalurgické charakteristiky intermetalické sloučeniny Ni_3Al . In Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské-Technické univerzity. Ostrava, č. 1, roč. 46, Ostrava 2000.
- [2] WESTBROOK, J.H., FLEISCHER, R.L. et al. Intermetallic Compounds. Principles and Practice. Volume 2-Practice. New York, 1995.
- [3] JONŠTA, Z., MAZANEC, K. Zvyšování užitečných vlastností kovových materiálů. Nové typy technických materiálů. Ostrava, VŠB-TU Ostrava, 1999.
- [4] MALCHARCIKOVÁ, J, KURSA, M. Struktura a mechanické vlastnosti u odlévané a směrově krystalizované intermetalické sloučeniny Ni_3Al . In Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské-Technické univerzity Ostrava. Řada hutnická. Vybrané příspěvky z konference SPOLUPRÁCE 2006. VŠB-TU, Ostrava, 2006, č. 1; s. 141-144. ISSN 1210-0471. ISBN 80-248-1072-7.
- [5] Vítkovice testing center s.r.o. Nezveřejněná zpráva „Protokol ze zkoušky prozářením vzorků na bázi Ni_3Al “. Ostrava, Vítkovice testing center s.r.o, 2008.
- [6] TYLEČEK, I. Metalurgické možnosti modifikace vlastností Ni_3Al . Disertační práce na Fakultě metalurgie a materiálového inženýrství VŠB-TU Ostrava na katedře neželezných kovů, rafinace a recyklace, Ostrava, 2001. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. Miroslav Kursá, CSc.
- [7] LOSERTOVÁ, M. Materiálově-inženýrské aspekty intermetalických slitin na bázi Ni_3Al . Disertační práce na Fakultě metalurgie a materiálového inženýrství VŠB-TU Ostrava na katedře neželezných kovů, rafinace a recyklace, Ostrava, 1998. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. L. Hyspecká, DrSc., prof. Ing. J. Galland, DrSc.

Předložené výsledky byly získány při řešení výzkumného záměru č. MSM6198910013 s názvem „Procesy přípravy a vlastnosti vysoce čistých a strukturně definovaných speciálních materiálů“.